

BUNDESPRÄSIDENTEN  
REPUBLIK DEUTSCHLAND



REC'D 17 JUL 2003  
WIPO PCT

Prioritätsbescheinigung über die Einreichung  
einer Patentanmeldung

Aktenzeichen: 102 21 772.6  
Anmeldetag: 15. Mai 2002  
Anmelder/Inhaber: Endress + Hauser Flowtec AG,  
Reinach, Basel-Landschaft/CH  
Bezeichnung: Variables Feldgerät für die Prozess-  
automation  
IPC: G 05 B 15/02

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ur-  
sprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 26. Juni 2003  
Deutsches Patent- und Markenamt  
Der Präsident  
Im Auftrag

Hofb

PRIORITY DOCUMENT  
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN  
COMPLIANCE WITH  
RULE 17.1(a) OR (b)

BEST AVAILABLE COPY



### Variables Feldgerät für die Prozeßautomation

Die Erfindung betrifft ein variables Feldgerät für die Prozeßautomation.

- 5 In der Automatisierungs- und Prozeßsteuerungstechnik werden vielfach Feldgeräte eingesetzt, die in einem industriellen Prozeßablauf Prozeßvariablen messen (Sensoren) oder Regelgrößen steuern (Aktoren).
- 10 Feldgeräte zur Durchfluß-, Füllstands-, Differenzdruck-, Temperaturbestimmung etc. sind allgemein bekannt. Zur Erfassung der entsprechenden Prozeßvariablen Massen- oder Volumendurchfluß, Füllhöhe, Druck, Temperatur, etc., sind die Feldgeräte meist in unmittelbarer Nähe zu der betreffenden Prozeßkomponente angeordnet.
- 15 Die Feldgeräte liefern ein Meßsignal, das dem Wert der erfaßten Prozeßvariablen entspricht. Dieses Meßsignal wird an eine Steuereinheit (z.Bsp. speicherprogrammierbare Steuerung SPS, Warte- oder Prozeßleitsystem PLS) weitergeleitet. In der Regel erfolgt die Prozeßsteuerung von der Steuereinheit, wo die Meßsignale verschiedener Feldgeräte ausgewertet werden und aufgrund der Auswertung Steuersignale für die Aktoren erzeugt werden, die den Prozeßablauf steuern.
- 20
- 25 Als Beispiel für Aktoren sind steuerbare Ventile zu nennen, die den Durchfluß einer Flüssigkeit oder eines Gases in einem Rohrleitungsabschnitt regeln.
- 30 Die Signalübertragung zwischen Feldgerät und Steuereinheit kann in analoger oder digitaler Form erfolgen (z. B. Stromschleife oder digitaler Datenbus). Bekannte internationale Standards für die Signalübertragung sind 4-20 Milliampere-Stromschleifen, HART®, Profibus®, Foundation Fieldbus® oder CAN-Bus®.

Die Signalverarbeitung im Feldgerät und die Kommunikation des Feldgerätes mit der Steuereinheit oder weiteren Feldgeräten wird immer aufwendiger.

Hierfür sind verschiedene Hardwarekomponenten mit entsprechender Software im Feldgerät implementiert. Die Software, die als Ablaufprogramm

- 5 in einem Mikroprozessor abläuft, ist normalerweise sehr flexibel und kann leicht ausgetauscht werden. Der Nachteil bei der Verwendung von Software ist, daß die Datenverarbeitung sequentiell erfolgt und dadurch relativ langsam ist.

- 10 Hardwarekomponenten dagegen besitzen eine festgelegte Funktionalität, die in speziellen Bausteinen (IC's) fest verdrahtet ist. Als Beispiele hierfür sind zu nennen ASICs (Application Specific Integrated Circuits) oder SMDs (Service Mounted Devices). Diese Bausteine sind sehr anwendungsspezifisch und können zum Beispiel eine FFT (Fast Fourier

- 15 Transformation), die sehr rechenintensiv ist, extrem schnell ausführen. Der Nachteil bei diesen Hardwarekomponenten ist, daß sie nur im geringen Maße flexibel sind und normalerweise bei einer Änderung der Funktionalität ausgetauscht werden müssen.

- 20 Die Kommunikation des Feldgeräts mit einer übergeordneten Auswerteeinheit erfolgt ebenfalls über entsprechende Hardwarekomponenten teilweise noch analog oder über einen digitalen Datenbus.

- 25 Jedes Feldgerät besteht normalerweise aus verschiedenen Hardwarekomponenten, die die Funktionalität des Feldgerätes bestimmen. Unterschiedliche Feldgeräte, wie zum Beispiel Coriolismassedurchflußmesser oder Magnetisch Induktive-Durchflußmesser MID's weisen gänzlich unterschiedliche Hardwarekomponenten auf. Selbst

- 30 für ein und dasselbe Feldgerät, zum Beispiel einem Coriolismassedurchflußmesser, werden z.B. für die Kommunikation unterschiedliche Hardwarekomponenten benötigt. Zur Anbindung an einen

Profibus wird ein Profibusmodul, für die Anbindung an einen Foundation Fieldbus wird ein FF-Modul benötigt. Soll das Feldgerät ein Frequenz-, Impuls- oder Stromsignal liefern, wird jeweils eine entsprechende Hardwarekomponente benötigt.

5

Dieses Komponentenvielfalt bedeutet einen erheblichen Aufwand bei der Herstellung, da eine Vielzahl von Hardwarekomponenten vorgehalten werden muß.

10

Ein Trend bei Feldgeräten ist, daß sie immer kompakter sein sollen. Die Bauteile, insbesondere die Hardwarekomponenten rücken dabei auf den jeweiligen Leiterplatten immer näher zusammen. Eine Grenze ist hier fast erreicht.

15

Um die Sicherheit und Funktionsfähigkeit eines Feldgerätes zu garantieren, müssen die Hardwarekomponenten nach dem Bestücken der Leiterplatten getestet werden. Für bisherige Teststrategien sind eine Vielzahl von Testpads auf der Unterseite einer Leiterplatte vorgesehen, die über sogenannte Nadeladapter kontaktiert werden können. Hierbei können nur bestimmte Schaltungsteile isoliert getestet werden.

25

Wird im Feld ein Coriolismassedurchflußmesser durch einen magnetisch induktiven Durchflußmesser ersetzt, so muß heute das ganze Feldgerät ausgetauscht werden.

30

Aufgabe der Erfindung ist es, ein variables Feldgerät für die Prozeßautomation zu schaffen, das die oben angegebenen Nachteile nicht aufweist, das insbesondere sehr flexibel ist, eine kompakte Bauform aufweist, aus wenigen Bauteilen gefertigt wird, eine hohe Sicherheit und Zuverlässigkeit aufweist und gleichzeitig kostengünstig und einfach herstellbar ist.

Gelöst wird diese Aufgabe durch ein variables Feldgerät für die Prozeßautomation gemäß Anspruch 1.

- Die wesentliche Idee der Erfindung besteht darin, daß verschiedene Module des Feldgeräts als reprogrammierbare Bausteine ausgebildet sind.
- Reprogrammierbare Logikbausteine sind sehr flexibel und können einfach als unterschiedliche Hardwarekomponenten konfiguriert werden.
- Vorteilhafte Weiterentwicklung der Erfindung sind in den Unteransprüchen angegeben.

Nachfolgend ist die Erfindung anhand eines in der Zeichnung dargestellten Ausführungsbeispiels näher erläutert. Es zeigen:

- Fig. 1 Datenbussystem in schematischer Darstellung  
Fig. 2 schematische Darstellung eines herkömmlichen Feldgerätes mit verschiedenen Hardwarekomponenten,  
Fig. 3 schematische Darstellung eines erfindungsgemäßen Feldgeräts,  
Fig. 4 schematische Darstellung eines reprogrammierbaren Logikbausteins mit Flashspeicher.  
Fig. 5 schematische Darstellung eines Logikbaustein mit Speicher und Ladecontroller

In Fig. 1 ist ein Datenbussystem DBS mit mehreren Feldgeräten und einem Prozeßleitsystem PLS dargestellt. Bei den Feldgeräten handelt es sich um verschiedene Sensoren S1, S2, S3 und Aktoren A1, A2. Die Datenbusteilnehmer (Feldgeräte + Prozeßleitsystem) sind über eine Datenbusleitung DBL miteinander verbunden.

Das Prozeßleitsystem PLS befindet sich normalerweise in einem Kontrollraum von dem aus die gesamte Prozeßsteuerung erfolgt. Die Sensoren S1, S2, S3 und die Aktoren A1, A2 sind im Feld, d.h. bei den

einzelnen Prozeßkomponenten (Tank, Befüllvorrichtung, Pipeline, etc.) angeordnet. Die Sensoren S1, S2 und S3 erfassen zum Beispiel die Prozeßvariablen Temperatur, Druck oder Durchfluß an der jeweiligen Prozeßkomponente. Die Aktoren A1 und A2 regeln als Ventile den Durchfluß einer Flüssigkeit oder eines Gases in einem Rohrleitungsabschnitt.

Die Datenkommunikation zwischen Prozeßleitsystem PLS, den Sensoren S1, S2, S3 und den Aktoren A1, A2 erfolgt in bekannter Weise nach international standardisierten Übertragungstechniken (RS435, IEC1158) mittels spezieller Protokolle (z. B. Profibus, Foundation Fieldbus, CAN-Bus).

In Fig. 2 ist als Feldgerät ein typischer Sensor S1 dargestellt. Der Sensor S1 besteht aus einem Meßaufnehmer MA, der mit einer Sensoreinheit SE verbunden ist. Der Sensoreinheit SE ist ein digitaler Signalprozessor DSP nachgeschaltet. Der digitale Signalprozessor DSP ist mit einem Systemprozessor MP verbunden. Der Systemprozessor MP ist über eine Kommunikationseinheit CE mit der Datenbusleitung DBL verbunden. Weiterhin ist der Systemprozessor MP mit einer Analogeneinheit AE verbunden, die mehrere analog Ein-, Ausgänge I/O aufweist. Zur Anzeige des Meßwerts und zur manuellen Eingabe dient eine Anzeigebiedieneinheit AB, die ebenfalls mit dem Systemprozessor MP verbunden ist. Die Spannungsversorgung des Sensors S1 wird durch eine Spannungsversorgungseinheit SV gewährleistet, die mit den verschiedenen Hardwarekomponenten des Sensors S1 verbunden ist (gestrichelt dargestellt). Die Spannungsversorgung kann extern oder über die Datenbusleitung DBL erfolgen.

Der digitale Signalprozessor DSP und der Systemprozessor MP sind jeweils mit Watchdogs WZ1, WZ2 und EEPROM-Speicher E1, E2 verbunden.

Der Meßwertaufnehmer MA dient zur Erfassung der entsprechenden Prozeßvariablen und besteht zum Beispiel aus einem

temperaturempfindlichen Widerstand oder einem druckempfindlichen Piezoelement oder aus zwei Spulen, die die Rohrschwingung eines Coriolismassedurchflußmessers erfassen. Die analogen Signale des Meßwertaufnehmers MA werden in der Sensoreinheit SE in digitale Signale verwandelt und im digitalen Signalprozessor DSP weiterverarbeitet und als Meßwert dem Systemprozessor MP zugeführt. Der Systemprozessor MP steuert den gesamten Sensor S1. Über die Kommunikationseinheit CE erfolgt die Anbindung an die Datenbusleitung DBL. Das

5 Kommunikationseinheit CE liest Telegramme auf dem Datenbus und schreibt selbst Daten auf die Datenbusleitung DBL. Es unterstützt alle Sende- und Empfangsfunktionen entsprechend der eingesetzten Übertragungstechnik.

10

Im Prinzip weist jedes Feldgerät ein Sensormodul SM auf, das den Meßaufnehmer MA und die Sensoreinheit SE umfaßt, ein

15 Signalverarbeitungsmodul VM, das z. B. aus dem digitalen Signalprozessor DSP besteht kann, ein Prozessormodul PM, das im wesentlichen aus dem Systemprozessor MP besteht und ein Kommunikationsmodul KM, das entweder aus der Kommunikationseinheit CE und/oder der Analogeneinheit AE besteht.

20 In Fig. 3 ist ein erstes Ausführungsbeispiel des erfindungsgemäßen Sensors S1 dargestellt. Fig. 3 entspricht im wesentlichen Fig. 2 mit dem Unterschied, daß der digitale Signalprozessor DSP und der Systemprozessor MP einschließlich der Watchdogs W1, W2 und den EEPROMS E1, E2 durch einen Logikbaustein LB ersetzt sind. Der Logikbaustein LB ist zusätzlich mit einem Permanentsspeicher SP (Flash Memory) und einem Ladecontroller LC verbunden.

25

In Fig. 4 ist ein weiteres Ausführungsbeispiel dargestellt. Hier umfaßt der Logikbaustein LB nicht nur den digitalen Signalprozessor DSP und Systemprozessor MP, sondern auch Teile der Anzeige der Bedieneinheit AB sowie des Kommunikationseinheit CE sowie Teile der Analogeneinheit AE und der Sensoreinheit SE.

Bei diesem Ausführungsbeispiel umfaßt der Logikbaustein LB alle digital arbeitenden Bauteile des Sensors S. Die Ausgänge des Logikbausteins LB dienen nur zur Ansteuerung der analogen Bauteile des Sensors S1.

- 5 Bei dem Logikbaustein LB handelt es sich um einen rekonfigurierbaren Logikbaustein, wie er zum Beispiel von der Firma Altera® unter der Bezeichnung Excalibur® vertrieben wird.

- Anhand Fig. 5 ist die Konfigurierung des Logikbausteins LB näher dargestellt.
- 10 Der Speicher SP ist in zwei Speicherbereiche A und B unterteilt. Speicherbereich A enthält eine Beschreibung der Hardware des Logikbausteins LB, Speicherbereich B enthält das Ablaufprogramm für den "Embedded Controller". Beim Systemstart wird mit Hilfe des Ladecontrollers LC die "Hardware des Logikbausteins" LB konfiguriert. Im Logikbaustein LB wird dadurch zumindest ein "Embedded Processor" EP, ein Memory M und 15 eine Logic L konfiguriert. Nachdem die Hardware des Logikbausteins LB konfiguriert ist, wird das Ablaufprogramm für den Embedded Controller in das Memory M geladen.
  - 20 Hierbei zeigt sich bereits der wesentliche Vorteil des erfindungsgemäßen Sensors, da beim Systemstart sowohl Hardware als auch Software beliebig konfiguriert werden können und dadurch leicht den gegebenen Anforderungen angepaßt werden können.
  - 25 Im Betrieb werden derartige Logikbausteine auch als SoPC System or Programmable Chip bezeichnet. Durch die Verwendung eines rekonfigurierbaren Logikbausteins LB kann ein Coriolismassedurchflußmesser leicht durch einen Magnetisch Induktiven Massedurchflußmesser MID oder ein beliebiges anderes Feldgerät ersetzt 30 werden. Notwendig hierfür ist nur die entsprechende Umkonfigurierung des Logikbausteins LB beim Systemstart durch neue Speicherinformationen in den Speicherbereichen A und B.

Wie in Fig. 4 dargestellt, können auch Teile des Kommunikationsmoduls in den Logikbaustein LB integriert werden. Dadurch kann ein für das HART®-Protokoll ausgelegter Sensor leicht in einen für Profibus® oder FF geeigneten Sensor umgewandelt werden. Dazu muß nur der entsprechende Bereich des Logikbausteins LB beim Systemstart konfiguriert werden.

5

- Durch die Verwendung eines rekonfigurierbaren Logikbausteins LB wird die Teilevielfalt bei der Herstellung eines Feldgeräts erheblich reduziert. Ein weiterer Vorteil, den das erfundungsgemäße Feldgerät bietet, ist, daß neue Teststrategien möglich sind. Im Prinzip können beliebige Bereich, d. h. Funktionalitäten, des Logikbausteins LB isoliert und überwacht werden. Hierzu muß der Logikbaustein nur entsprechend konfiguriert werden und die Signale an entsprechenden Testpunkten abgegriffen, bzw. zugefügt werden.
- 10
- Mit Hilfe von rekonfigurierbaren Logikbausteinen ist es möglich Hardwarekomponenten zu konfigurieren, und damit die Funktionalität und das Verhalten einfach zu verändern. Die Hardwarekomponenten können so verschiedenen Aufgaben und Funktionalitäten angepasst werden. Ein- und Ausgänge I/Os können einfach definiert werden.
- 15
- 20
- Insbesondere können damit Funktionsblöcke z.B. Flexible Function Blocks, (Foundation Fieldbus® Organisation) oder Profibus®-Funktionsblöcke (Profibus® Organisation) einfach hardwaremäßig und softwaremäßig definiert und abgeändert werden. Der Funktionsblock (Flexible Function Block oder Profibus® ) wird in den rekonfigurierbaren Logikbaustein geladen und generiert seine I/Os selbst. Dadurch kann ein Logikbaustein LB für verschiedenen Funktionalitäten eingesetzt werden, je nach dem was für ein Funktionsblock geladen wird.
- 25
- 30
- Die wesentliche Idee der Erfindung ist es, durch die Verwendung eines rekonfigurierbaren Logikbausteins Feldgeräte in einem weiten Bereich

flexibel auszustalten. Die Erfindung ist selbstverständlich nicht nur auf den Bereich Feldgeräte beschränkt, sondern sie kann auch bei entsprechenden Sensoren und Aktoren im Kraftfahrzeugbau eingesetzt werden.

**Patentansprüche**

1. Variables Feldgerät für die Prozessautomatisierung mit einem Sensormodul SM zur Messwerterfassung und einem nachgeschalteten Signalverarbeitungsmodul VM und einem Prozessormodul PM, das mit einem Kommunikationsmodul CE zur Verbindung des Feldgerätes mit einer übergeordneten Steuer- Auswerteeinheit verbunden ist, dadurch gekennzeichnet, dass das Signalverarbeitungsmodul VM und das Prozessormodul PM als reprogrammierbarer Logikbaustein LB ausgebildet ist.
- 10 2. Variables Feldgerät nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der reprogrammierbarer Logikbaustein LB Teile des Kommunikationsmoduls CE umfasst.
- 15 3. Variables Feldgerät nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der reprogrammierbare Logikbaustein Teile des Sensormoduls SM umfasst.
- 20 4. Variables Feldgerät nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der reprogrammierbare Logikbaustein LB alle digital arbeitenden Bauteile des Sensormoduls SM umfasst.
- 25 5. Variables Feldgerät nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der reprogrammierbare Logikbaustein LB mindestens einen Embedded Prozessor EP, einen Memory M und eine Logic L umfasst.
- 30 6. Variables Feldgerät nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der reprogrammierbare Logikbaustein LB im Betrieb als SoPC-System (System on Programmable Chip) dient.

7. Variables Feldgerät nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das Kommunikationsmodul CE eine Datenbuschnittstelle (z.B. Profibus®, Foundation Fieldbus®, CAN®-Bus) oder einen oder mehrere Analog Ein/Ausgänge I/Os (z.B. Frequenzausgang, Pulsausgang) aufweist.
  8. Variables Feldgerät nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass in den reprogrammierbaren Logikbaustein LB ein Funktionsblock geladen wird.
- 10
9. Variables Feldgerät nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass der Funktionsblock ein Flexibel Function Block der Foundation Fieldbus® oder ein Profibus® Funktionsblock ist.

15

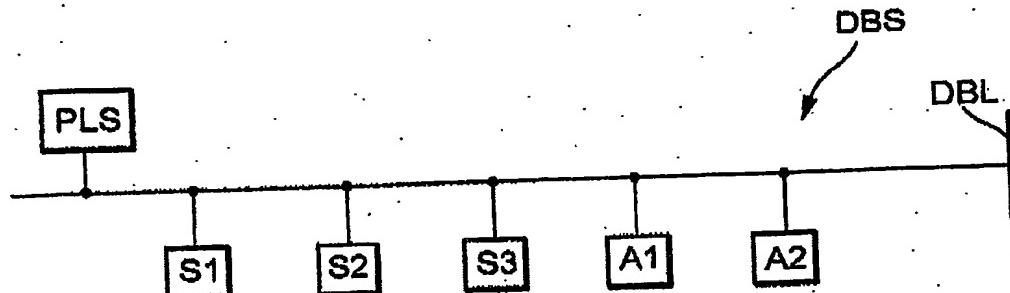


Fig. 1

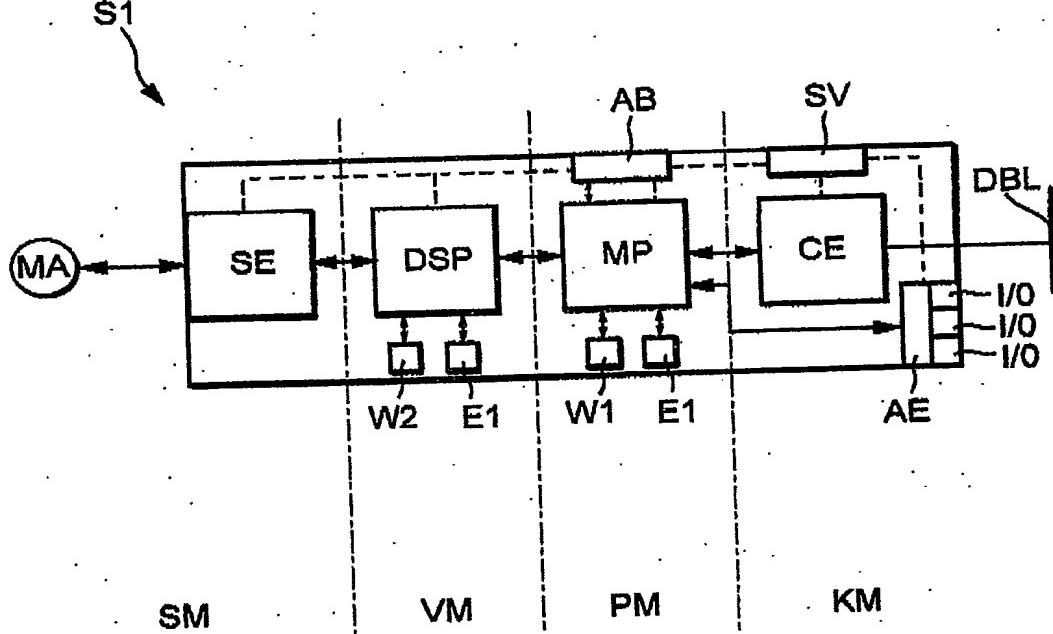


Fig. 2

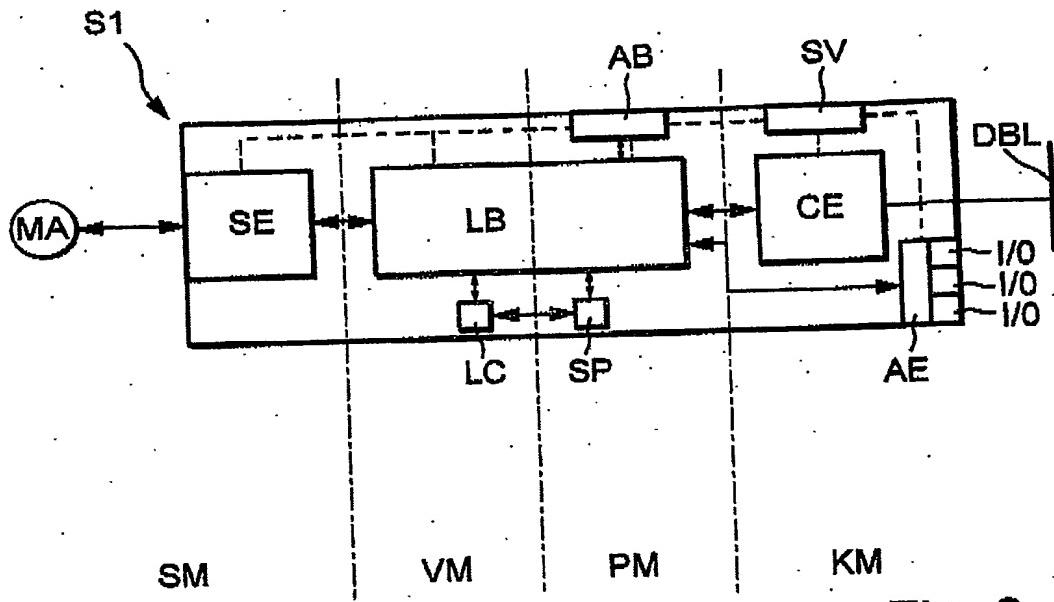


Fig. 3 \*

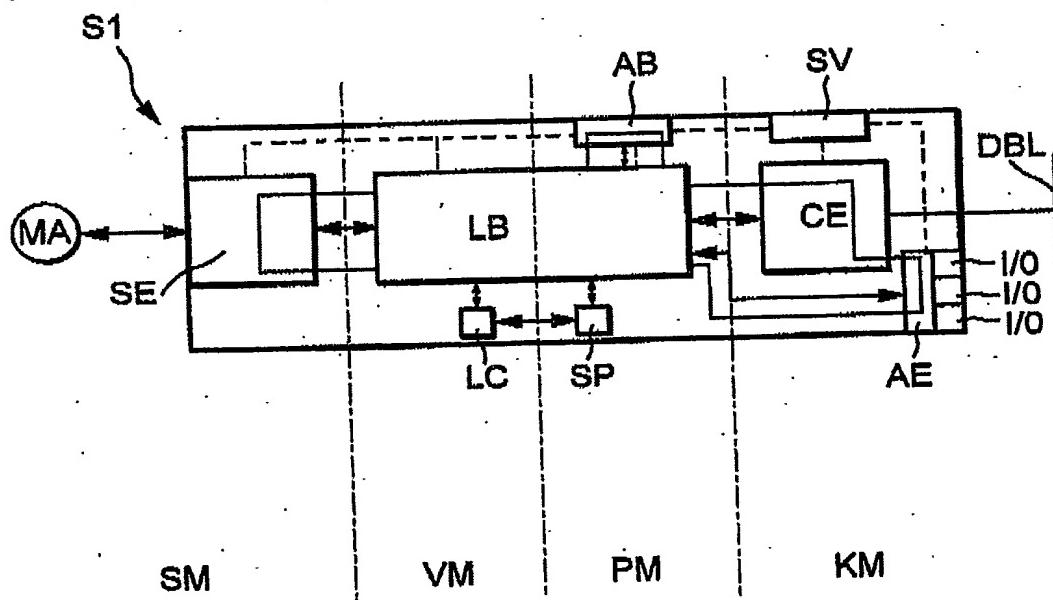


Fig. 4

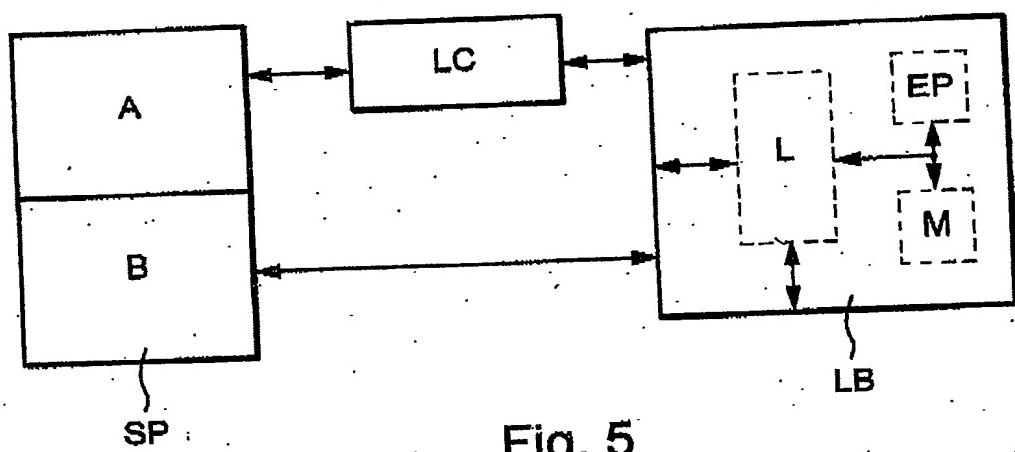
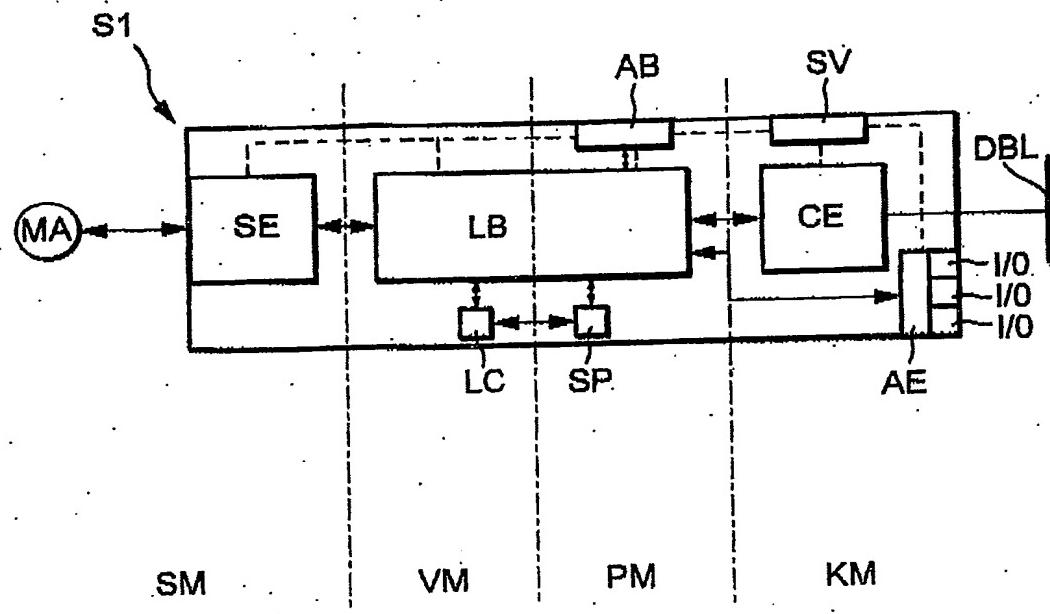


Fig. 5

### Zusammenfassung

- Bei einem Feldgerät für die Prozessautomatisierung wird ein reprogrammierbarer Logikbaustein eingesetzt, um eine hohe Flexibilität bezüglich Hardwarekomponenten zu erhalten.
- s (Fig. 3)



GESAMT SEITEN 18

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

## **BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- BLACK BORDERS**
- IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- FADED TEXT OR DRAWING**
- BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- SKEWED/SLANTED IMAGES**
- COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- GRAY SCALE DOCUMENTS**
- LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- OTHER:** \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**